

НАГАР КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК

© П.А. Цветков

УДК 630*181.43

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г.Красноярск, Россия

Исследовано формирование нагара на стволах лиственницы Гмелина в зависимости от высоты пламени в северной тайге Средней Сибири. Установлена связь между этими параметрами, выражающаяся уравнением прямой, проходящей через начало координат. Показано, что нагар является диагностическим признаком, как пожара, так и послепожарного жизненного состояния древостоев. Вместе с тем, один нагар не может служить достаточно надежным критерием для прогнозирования жизненного состояния северотаежных лиственничных лесов Средней Сибири после пожаров.

The paper presents the results of a study of (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) stem char height in northern taiga of central Siberia. A correlation was found between flame and stem char heights that can be described by a line going through zero point. Although stem char was determined to be an important fire descriptor, it could not be considered, in itself, as a reliable predictor of postfire northern taiga larch forest vigor

Нагаром называется почернение поверхности ствола дерева под влиянием низового пожара [7]. Его основными параметрами являются *высота* и *направленность*.

Высота нагара - его максимальная протяженность по стволу. *Направленность* - закономерное образование нагара наибольшей высоты с заветренной стороны ствола дерева.

Нагар является одним из важных диагностических признаков, как пожара, так и жизненного состояния древостоев после его прохождения. По высоте и направленности нагара в общих чертах можно определить направление движения горящей кромки,

вероятную высоту пламени, прогнозировать послепожарный отпад.

Формирование нагара в древостоях сосны обыкновенной впервые у нас в стране было исследовано Г.А. Амосовым [3]. Им обоснован механизм образования нагара в сосняках, установлена связь высоты нагара с высотой пламени и диаметром дерева. Отмечено, что высота нагара на деревьях разных пород при одной и той же высоте пламени различна.

Отдельные сведения об особенностях образования нагара в сосновых лесах встречается в ряде работ [8, 9, 11, 4, 15]. В то же время, данных о формировании нагара в лиственничных лесах, занимающих около 35% площади лесного фонда Сибири, почти нет.

Имеются лишь отдельные сведения, характеризующие некоторые особенности образования нагара на стволах лиственницы [6, 15, 13].

Преобладающая часть лиственничников Сибири произрастает в зоне распространения многолетней мерзлоты. Морфологическая специфика этих лесов обуславливает особенности пожаров в них и формирования нагара. Ранее нашими исследованиями в северотаежных лиственничных лесах Средней Сибири [13] была установлена связь между разностью высоты нагара с двух сторон дерева (наветренной и заветренной) и его диаметром, а также зависимость высоты нагара от диаметра ствола.

Целью настоящей работы было нахождение связи высоты нагара с высотой пламени в северотаежных лиственничниках Средней Сибири, а также оценка их послепожарного состояния в зависимости от высоты нагара. Результаты исследований в определенной степени позволяют судить о нагаре как о диагностическом признаке лесного пожара и послепожарного жизненного состояния северотаежных лиственничных древостоев.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Наблюдения проведены на действующем пожаре и на образовавшейся после него крупной гари в северотаежных лиственничных лесах Средней Сибири. Древостой чистый, одноярусный, представленный лиственницей Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). Было заложено три пробных площади. Возраст

древостоев варьировал в пределах 120-160 лет, высота - 10-16 м, диаметр - 8-16 см, полнота - 0,4-0,7, класс бонитета - Ya, запас стволовой древесины - 35-70 м³га⁻¹.

На пути распространения действующего пожара были подобраны деревья, на которых затесками отмечали высоту 0,5, 1,0 и 1,5 м от поверхности почвы для визуального определения высоты пламени при прохождении горячей кромки. После пожара на этих же деревьях измеряли высоту нагара с наветренной и заветренной стороны ствола с точностью 0,05 м. Одновременно оценивали их жизненное состояние, используя методику В.А. Алексева [2], выделяя здоровые, ослабленные, усыхающие и сухие.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения показали, что нагар на стволах лиственницы Гмелина образуется со всех сторон, но разной высоты. Максимальная высота нагара характерна для заветренной стороны ствола дерева. Очевидно, что наибольшее влияние на лес, последующий отпад деревьев и состояние древостоя после пожара оказывает максимальный нагар. В связи с этим в первую очередь важно установить именно его зависимость от высоты пламени, которая на практике характеризует силу пожара. Оказалось, что между этими параметрами существует значительная корреляционная связь. Коэффициент корреляции равен 0,801. В таблице 1 приведены средние статистические показатели высоты пламени и нагара.

Таблица 1 - Средние статистические показатели высоты пламени и нагара

Факторы	\bar{X} , м	$m \bar{x}$, м	$\sigma \bar{x}$, м	$V \bar{x}$, %	P, %	T
Высота пламени	1,1	0,094	0,449	40	8	12
Высота нагара	1,9	0,151	0,723	38	8	13

Примечание. \bar{X} - среднее значение параметра; $m \bar{x}$ - стандартная шибка; $\sigma \bar{x}$ - стандартное отклонение; $V \bar{x}$ - коэффициент варьирования; P - точность; T - достоверность.

По высоте пламени можно заключить, что пожар по своей силе относится к категории средних.

Путем регрессионного анализа было установлено, что зависимость высоты нагара от высоты пламени достаточно хорошо аппроксимируется линейной функцией в виде прямой, проходящей через ноль:

$$Y = 1.639x,$$

где: Y - высота нагара, м; x - высота пламени, м.

Коэффициент регрессии оказался равным 1.64, следовательно, изменение высоты пламени на 1.0 приводит к изменению высота нагара на 1.64. Ошибка коэффициента регрессии - 0.2; достоверность - 7, что говорит о его надежности. Коэффициент детерминации (R^2) равняется 0.598, что указывает на умеренную адекватность полученного уравнения фактическим данным.

На рисунке 1 приведен график, иллюстрирующий линейную зависимость высоты нагара от высоты пламени.

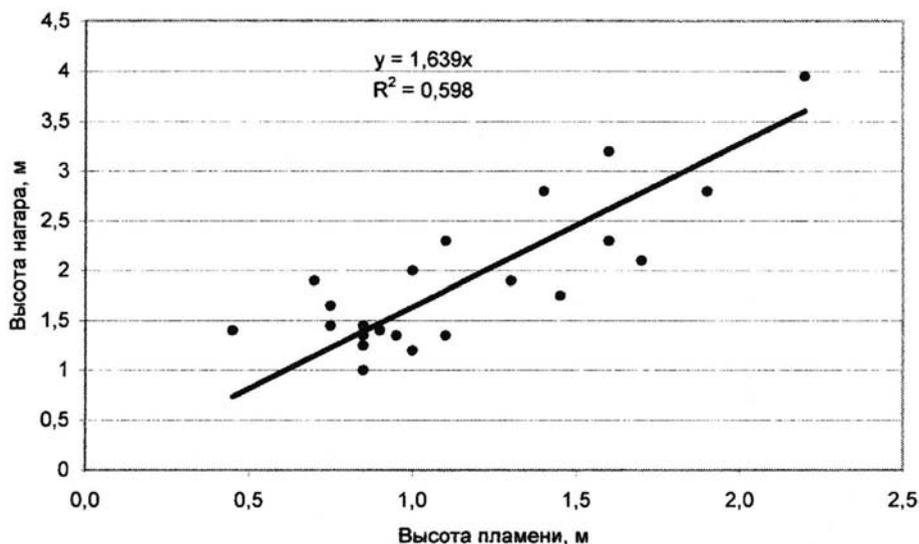


Рисунок 1 - Зависимость высоты нагара от высоты пламени

На практике при обследовании гарей и пожарищ часто возникает необходимость по высоте нагара установить силу пожара. Сила пожара, как известно, определяется высотой пламени. Выразить этот показатель из уравнения, приведенного выше, было бы не вполне корректно, поскольку оно регрессионное, а не функциональное. Поэтому мы рассчитали обратную регрессию - высоту пламени по высоте нагара. Она выражается уравнением:

$$Y = 0.580x,$$

где: Y - высота пламени, м; x - высота нагара, м.

Данное уравнение можно использовать непосредственно в лесу для определения вероятной высоты пламени, а, следовательно, и силы прошедшего пожара, получая при этом достаточно приемлемые результаты.

Вторая часть нашей работы, как было сказано, заключалась в оценке послепожарного жизненного состояния лиственных древостоев в связи с высотой нагара. Используя данные наблюдений за состоянием лиственницы Гмелина через 4 года после пожара, любезно предоставленные автору С.Г. Прокушкиным, мы сопоставили распределение деревьев по категориям жизненного состояния с высотой нагара (таблица 2).

Выяснилось, что между этими показателями нет жесткой зависимости. Вместе с тем, на четвертый год после пожара лишь чуть больше 11% деревьев оценивались как «здоровые». Остальные имели различную степень ослабления, либо усохли. Массовое

ослабление деревьев начинается при высоте нагара всего 0,3-0,4 м. Так, при нагаре высотой от 0,1 до 1 м, что соответствует слабому по силе низовому пожару, усохло или ослабило свое жизненное состояние 48,3% числа деревьев. При высоте нагара 1,1-2,5 м, которой соответствует пожар средней силы, погибло или ослабло 31% деревьев. Всего же почти 80% числа деревьев на четвертый год после пожара усохли или находятся в разной стадии ослабления. Следовательно, средние и даже слабые по силе пожары являются весьма опасными, а нередко губительными для северотаежных лиственных древостоев. Средний диаметр погибших деревьев в нашем случае составил 7 см.

Вместе с тем, наблюдаются ослабленные, сильно ослабленные и даже отмирающие деревья вообще без нагара. Правда, их менее 6% от общего числа стволов (таблица 2). Очевидно, угнетенность их обусловлена иными причинами, не связанными с воздействием пожаров.

С другой стороны, встретилось несколько деревьев с высотой нагара 1-2 м, а одно - даже 2,2 м, отнесенных к категории здоровых. Данное явление можно объяснить наличием на стволах деревьев отслаивающейся корки, по которой пламя быстро поднимается, не оказывая на дерево сильного теплового воздействия, но оставляя при этом следы нагара. Правомочность такого объяснения подтверждают наблюдения М.Д. Евдокименко [6]. Им отмечена специфическая особенность распространения горения по стволу лиственницы даурской.

Таблица 2 - Распределение деревьев по категориям жизненного состояния в зависимости от высоты нагара через 4 года после пожара

Категории жизненного состояния	Градации высоты нагара / средняя высота нагара, м											Итого	
	0	до 0,1	0,11-0,5	0,51-1,0	1,01-1,5	1,51-2,0	2,01-2,5	2,51-3,0	3,01-3,5	3,51-4,0	более		
	0	0,06	0,35	0,76	1,29	1,81	2,19	2,60	3,30	3,70	4,0		
Число деревьев, экз. / %													
Здоровые	2/1,1	1/0,6	4/2,3	6/3,4	3/1,7	3/1,7	1/0,6	-	-	-	-	-	20/11,4
Ослабленные	5/2,9	9/5,1	19/10,8	12/6,8	8/4,6	4/2,3	3/1,7	1/0,6	1/0,6	-	-	-	62/35,4
Сильно ослабленные	2/1,1	3/1,7	13/7,4	10/5,7	6/3,4	3/1,7	1/0,6	-	-	1/0,6	-	-	39/22,2
Отмирающие	1/0,6	-	2/1,1	1/0,6	1/0,6	-	1/0,6	-	-	-	-	-	6/3,5
Усохшие	-	-	7/4,0	9/5,1	11/6,3	11/6,3	5/2,9	3/1,7	1/0,6	-	-	1/0,6	48/27,5
Всего	10/5,7	13/7,4	45/25,6	38/21,6	29/16,6	21/12,0	11/6,4	4/2,3	2/1,2	1/0,6	1/0,6	1/0,6	175/100

Примечание. Прочерк «-» означает отсутствие дерева с данной высотой нагара

Изобилие длинных сухих чешуек на поверхности стволов представляет собой «...своеобразный, рыхлый вертикальный цилиндрический слой, который служит хорошим проводником горения» (с. 212).

Наблюдения показали, что с высотой нагара связана степень повреждения луба в нижней части ствола дерева, от чего, в свою очередь, зависит его жизненное состояние (таблица 3).

Таблица 3 - Повреждение стволов деревьев в лиственничнике кустарничково-мохово-лишайниковом через год после пожара

Показатели	Жизненное состояние деревьев		
	здоровые	ослабленные	отмирающие
Число деревьев, шт./%	82/47	68/39	25/14
Средняя высота нагара, м	0.81±0.10	1.05±0.15	1.25±0.20
Средняя площадь повреждения луба у шейки корня, %	24±2	53±5	82±7

Примечание. В сборе материала принимали участие С.Г. Прокушкин и А.П. Абаимов.

Установлено, что между высотой нагара и величиной площади поврежденного луба имеется умеренная корреляционная зависимость. Коэффициент корреляции между этими факторами равен 0.478. Следовательно, высота нагара оказывает определенное, достаточно ощутимое влияние на степень повреждения луба.

В свою очередь зависимость между площадью поражения луба и жизненным состоянием древостоя также оказалась умеренной. Коэффициент корреляции равнялся 0.338.

Зависимость между высотой нагара и послепожарным жизненным состоянием древостоя на четвертый год была примерно такая же, как и между предыдущими параметрами. Коэффициент корреляции между этими показателями немного больше - 0.351.

Отсутствие более тесной связи между высотой нагара на стволах лиственницы Гмелина в северной тайге Средней Сибири и их жизнеспособностью является, по-видимому, региональной особенностью. По литературным данным известно, что пожароустойчивость насаждения, оцениваемая величиной отпада древостоя, находится в тесной прямой зависимости от высоты нагара [10, 11, 12]. Разработаны придержки величины послепожарного отмирания при различной высоте нагара.

Анализ материала позволяет считать высоту нагара важным диагностическим признаком при оценке послепожарного состояния древостоя. Вместе с тем, один нагар, без учета других показателей, не может служить достаточно надежным критерием степени повреждения дерева и оценки его огнестойкости. Этому же мнения

придерживается и М.А. Шешуков [14], который считает, что высота нагара может быть лишь одним из критериев повреждаемости деревьев в сочетании с другими показателями, такими, как вид древесной породы, ее диаметр, глубина прогарания подстилки, процент повреждения хвои и луба и т.д.

Подобную точку зрения разделяет и А.П. Абаимов с соавторами [1], полагая, что высота нагара даже в совокупности с повреждениями скелетных корней не определяет однозначно степень поражения и репарационные способности лиственницы Гмелина, поэтому предсказывать будущее жизненное состояние деревьев можно лишь с достаточно грубым допущением.

Как уже отмечалось, отслаивающаяся кора лиственницы и наличие на ней мхов и лишайников способствуют поднятию пламени по стволу и образованию нагара большой протяженности. Вместе с тем известно, что нагар отрицательно влияет на восстановление жизнеспособности деревьев после пожара. Установлено что в послепожарный период из-за повышенной теплоемкости черной от нагара коры, температура луба днем на солнечной стороне может быть на 5-8°С выше, чем у здоровых деревьев, что затрудняет восстановительные процессы [5].

Закключение. Нагар на стволах лиственницы Гмелина в северотаежных лесах является важным диагностическим признаком пожара. По его высоте и направленности можно в общих чертах восстановить силу и направление распространения огня. Для прогнозирования же послепожарного жизненного состояния северотаежных лиственничных древостоев

Сибири один лишь нагар не может быть достаточно надежным диагностическим признаком. Повреждаемость деревьев следует оценивать по результатам совместного воздействия различных факторов.

Библиографический список

1. Абаимов, А.П., Прокушкин, С.Г., Суховольский, В.Г., Овчинникова, Т.М. Оценка и прогноз послепожарного состояния лиственницы Гмелина на мерзлотных почвах Средней Сибири // Лесоведение. 2004. № 2. С. 3-11.
2. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.
3. Амосов, Г.А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров // Возникновение лесных пожаров. М.: Наука, 1964. С. 152-171.
4. Войнов, Г.С., Софронов, М.А. Прогнозирование отпада в древостое после низового пожара // Современные исследования типологии и пирологии леса. Архангельск, 1976. С. 115-121.
5. Гирс, Г.И. Физиологические аспекты устойчивости хвойных растений к огневым повреждениям // Проблемы лесоведения Сибири. М.: Наука, 1977. С. 148-159.
6. Евдокименко, М.Д. Огневые повреждения сосняков рододендроновых в Забайкалье // Проблемы лесной пирологии. Красноярск, 1975. С. 207-220.
7. Курбатский, Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. Красноярск, 1972. С. 171-231.
8. Мелехов, И.С. Влияние пожаров на лес. М.-Л.: Гослестехиздат, 1948. 127 с.
9. Молчанов, А.А. Влияние лесных пожаров на древостой // Труды Института леса. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. XVI. С. 314-335.
10. Молчанов, А.А., Преображенский И.Ф. Леса и лесное хозяйство Архангельской области. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 239 с.
11. Мусин, М.З. Определение отпада деревьев до и после пожара и методы повышения пожароустойчивости древостоев в борах Казахского мелкосопочника // Горение и пожары в лесу. Красноярск, 1973. С. 278-300.
12. Савченко, А.Г. Изучение огнестойкости сосны крымской с целью создания и формирования пожароустойчивых насаждений в Крыму, автореф. диссерт. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. М.: МЛТИ, 1982. 18 с.
13. Цветков, П.А. О высоте нагара в лиственничниках Эвенкии // Лесоведение. 1994. № 4. С. 90-93.
14. Шешуков, М.А. О высоте нагара на стволах при лесных пожарах // Лесное хозяйство. 1976. № 7. С. 55-58.
15. Щербаков, И.П., Забелин, О.Ф., Карпель, В.А. и др. Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. Новосибирск: Наука, 1979. 224 с.

Поступило в редакцию 10 февраля 2006 г.
Рецензия от 30 февраля 2006 г.